

凍結融解作用を受けるコンクリートの劣化予測に関する研究

福岡大学 正会員 楠 貞則
福岡大学大学院 正会員 添田 政司

福岡大学大学院 正会員 池 翰相
福岡大学 フェロー 大和 竹史

1.はじめに

コンクリート標準示方書「維持管理編」の耐凍害維持管理標準では、凍害によるコンクリート劣化予測を凍害深さとその進行速度をもとに行うことを基本としているが、この「凍害深さ」の評価方法は明確でないのが現状である。このため、凍害劣化を受ける構造物の維持管理手法は未だ研究開発中のものが多い。本研究は、ASTM C672 に準じた凍結融解試験を実施し、その挙動を非接触型レーザー変位計によるスケーリング深さと、可視画像による骨材露出率を測定するとともに、サーモグラフィーによる熱画像解析で測定した。この試験結果より、凍害の進行予想に対する適用性および評価手法を検討した。

2.実験概要

(1)使用材料・配合および試験体作製・養生
セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm^3 ）を使用した。細骨材には海砂（密度 2.58g/cm^3 , 吸水率 0.96% ）を、粗骨材には碎石 2005（密度 2.75g/cm^3 , 吸水率 1.11% ）を使用した。表 - 1 に本実験に使用した配合を示す。コンクリートの水

表—1 コンクリートの配合

配合名	最大 骨材寸法 Gmax (mm)	水 セメント比 W/C (%)	スランブ sl (cm)	空気量 air (%)	単位 セメント量 C (kg/m^3)	細骨材 率 S/a (%)	圧縮強度 σ_{28} (N/mm^2)
AE コンクリート	20	65	8.5	4.8	258	47	29.8
Non-AE コンクリート			7.8	1.7	292	43	34.4

セメント比は 65% とし、AE 剤を用いて空気量を調整した AE コンクリートと、AE 剤を用いない Non-AE コンクリートの 2 種類とした。

試験体は、図 - 1 に示すように $\phi 200 \times H100\text{ mm}$ の塩化ビニール管の中にコンクリートを打設し、ブリーディング終了時に表面仕上げを実施した。その後、材齢 28 日まで水中養生を実施した。なお、この養生期間中に一度試験体を取り出し、上面中央の $120 \times 120\text{mm}$ 以外を樹脂によるライニング処理を行った。

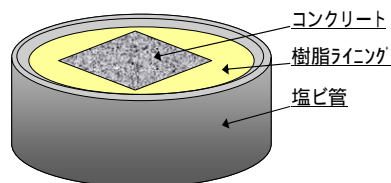


図 - 1 試験体の作製

(2)凍結融解試験

試験体の上面に $\text{NaCl}3\%$ 溶液を深さ 6mm まで注ぎ、気中凍結気中融解試験装置に設置した後、50 サイクルの凍結融解作用を与えた。1 サイクルは 24 時間で、凍結に 16 時間、融解に 6 時間かけた。凍結最低温度は -23°C 、また、融解最高温度は $+23^\circ\text{C}$ とした。

(3)測定項目

所定のサイクル終了毎にスケーリング量、スケーリング深さ、可視画像(写真)における骨材露出率および熱画像の測定を実施した。スケーリング深さでは測点移動用専用台を備えたレーザー変位計を、熱画像ではサーモグラフィーを用いた。なお、熱画像は簡易な温風器で打設面を 40°C に加熱し、それから常温に戻るまでの各段階の熱画像を撮影した。

3.実験結果及び考察

3.1 スケーリング量の測定結果

図 - 2 にサイクルとスケーリング量の関係を示す。AE、Non-AE コンクリートともサイクルの増加に伴い、スケーリング量も増加しているが、そのスケーリング抵抗性は Non-AE コンクリートが極めて小さく、劣化進行が速いことが分かる。

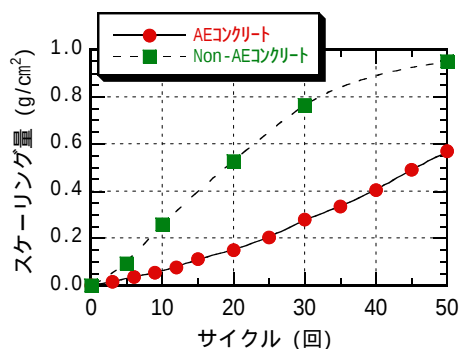


図 - 2 サイクルとスケーリング量の関係

3.2 スケーリング深さの測定結果

図 - 3 に AE コンクリートのスケーリング深さの測定結果の一部を示す。スケーリング深さはサイクルの増加に伴い増加傾向を示すが、一様なスケーリング深さの分布を呈するものでない。これは、Non-AE コンクリートでも同様な結果であった。しかし、図 - 4 のスケーリング量と平均スケーリング深さの間では劣化の進行速度に関係なく、高い相関関係が認められた。以上のことから、劣化の進行は局所的に大小の差異はあるものの、スケーリング深さの測定で劣化の進行過程をある程度予想することは可能であると考えられる。ただし、本測定の実構造物での適用は難しい。

3.3 可視画像における骨材露出率の測定結果

図 - 5 に可視画像による骨材の露出度と平均スケーリング量の関係を示す。AE コンクリートのように 50 サイクルまでのコンクリート表面が劣化した程度(進展期)では特に相関は認められないものの、Non-AE コンクリートのように骨材の露出が顕著な劣化が大きい状態(加速期)では露出度の増加に伴い平均スケーリング量が増加する相関関係が認められた。このことから、可視画像による骨材露出率も、劣化の程度によっては、凍害劣化の進行過程を予想する指標として適用することが十分可能であると考えられる。

3.4 熱画像の測定結果

図 - 6 に劣化過程として進展期、加速期の熱画像測定結果の一部を示す。進展期では、健全部、スケーリング部および骨材部が温度差によりある程度識別できる。特に図 - 7 で劣化の兆候として示しているように、健全部の周りの温度が高い部分が次のサイクル終了時にスケーリング劣化を生じていた。これは、目視で確認できない内部の浮きを熱画像で高温部として捕らえているものと考えられる。これに対し、加速期では、測定部表面の凹凸の影響が大きく、温度差はあるものの、モルタル部と骨材部を区分するような温度差でなかった。ただし、一回の熱画像だけでなく、サイクル毎の熱画像を重ねると、進展期と温度変化の幅に違いがあるものの、モルタル部と骨材部の識別が可能である。以上のことから、凍害劣化の進行予測に熱画像を適用することは十分可能であると考えられる。

4. 結論

本試験から得られたことをまとめると次の通りである。

(1)スケーリング深さ測定で凍害の劣化過程をある程度把握することが可能である。(2)凍害による劣化過程として加速期の可視画像における骨材露出率とスケーリング量、平均スケーリング深さに高い相関が確認された。(3)熱画像では進展期において温度差によって、目視で確認できない表面の浮きを確認でき、スケーリング劣化の兆候を感知することが可能である。以上のことから、可視画像や熱画像などは劣化過程や利用方法によってはスケーリングによる劣化予測を行うための有効な方法と言える。

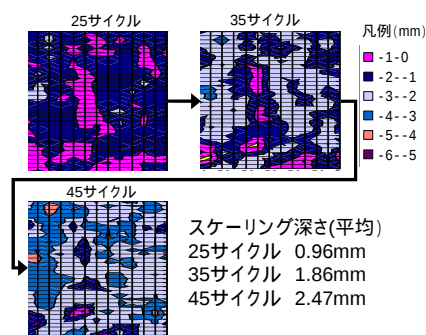


図 - 3 AE コンクリートのスケーリング深さ

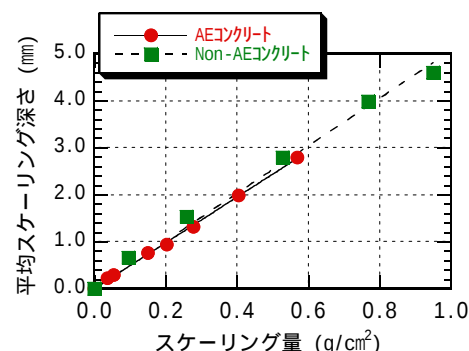


図 - 4 スケーリング量と平均スケーリング深さの関係

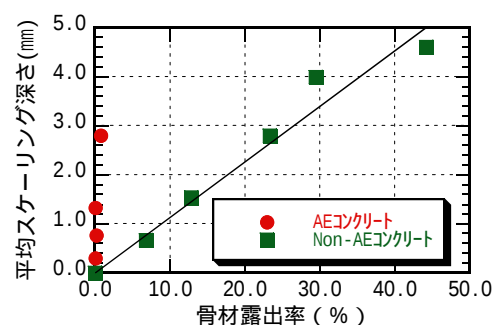


図 - 5 骨材露出度と平均スケーリング深さの関係

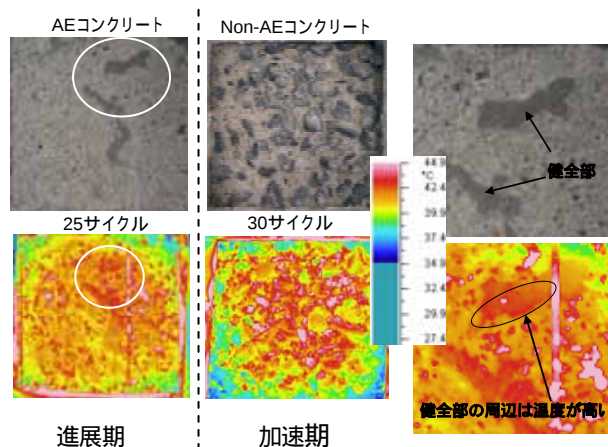


図 - 6 熱画像の測定結果

図 - 7 劣化の兆候